

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication : **2 568 712**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **84 12133**

⑤① Int Cl⁴ : G 12 B 15/02; F 28 D 15/02.

①② **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 31 juillet 1984.

③① Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 7 février 1986.

⑥① Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *BULL SEMS. — FR.*

⑦② Inventeur(s) : André Pascal.

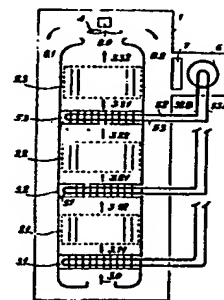
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Yves Debay, CII Honeywell Bull.

⑤④ Système de refroidissement à air pour armoire contenant des circuits électroniques.

⑤⑦ Système de refroidissement à air pour armoire contenant des circuits électroniques. Pour éviter une trop grande élévation de température du flux d'air d'un groupe 2.1, 2.2, 2.3 de circuits à l'autre, des échangeurs 5.1, 5.2, 5.3 de chaleur (modules de refroidissement) sont insérés entre les différents groupes de circuits. Ces échangeurs sont maintenus à une température constante grâce à l'utilisation d'un caloduc 51 muni d'ailettes placées dans le flux d'air.

L'air parcourt à l'intérieur de l'armoire, ou à l'intérieur de plusieurs armoires, un circuit fermé, ce qui évite d'utiliser des moyens de désydratation de l'air ambiant.



BEST AVAILABLE COPY

FR 2 568 712 - A1

SYSTEME DE REFROIDISSEMENT A AIR POUR ARMOIRE CONTENANT
DES CIRCUITS ELECTRONIQUES

L'invention décrit un système de refroidissement à air
5 pour armoire contenant des circuits électroniques.

Dans la technologie actuelle de fabrication des
ordinateurs de haute performance, les circuits logiques
sont réalisés sous forme de puces intégrées de taille
réduite assemblées sur un substrat.

10

Un des problèmes cruciaux à résoudre, est celui de la
dissipation d'énergie thermique par ces circuits : une
mémoire statique du type N-MOS dissipera environ 1 watt
tandis que des circuits très rapides, par exemple du type
15 ECL, peuvent dissiper entre 1 et 10 watts.

Ces puces intégrées, que l'on peut considérer comme des
sources ponctuelles de chaleur d'une puissance de 1 à 10
Watts, sont disposées sur des substrats ou plaques formés
d'un bon isolant électrique -donc d'un mauvais conducteur
20 thermique -à raison d'une centaine de puces par plaque.

Pour une plaque standard, (telle que celle représentée sur
la figure 1a), comportant une centaine de ces puces
intégrées, on atteint alors par plaques une dissipation de
100 à 1000 watts; ces plaques sont ensuite assemblées par
25 groupes dans des bacs, tel que celui représenté sur la
figure 1b et qui comporte par exemple cinq plaques.

Une machine de taille moyenne, ayant typiquement deux
bacs, aura donc une dissipation de 1000 W à 10000 W;
tandis qu'une machine de grande puissance, comptant par
exemple 4 armoires de 5 bacs, aura une dissipation moyenne
30 par armoire de moins 20 KW et une dissipation totale
moyenne proche de 80 KW.

Il est indispensable d'évacuer hors des armoires cette
35 quantité de chaleur importante produite par des sources
multiples et de faibles dimensions réparties sur une
plaque isolante, tout en respectant les normes de sécurité
auxquelles sont soumises toutes les installations

-2-

électriques et en particulier celles de traitement de l'information.

5 Pour des machines de petite puissance, c'est-à-dire ne comportant que quelques dizaines de circuits intégrés et dont la puissance thermique dissipée n'est donc que de l'ordre de 200 à 500 Watts, il est possible de se contenter d'un refroidissement par circulation d'air ambiant. La circulation se fait soit par convection
10 naturelle, soit par convection forcée par l'intermédiaire d'une soufflerie.

Pour des systèmes de moyenne puissance, ce procédé n'est pas utilisable. Comme indiqué dans la figure 2A, si l'on
15 suppose que l'air extérieur, mis en mouvement par le ventilateur 4, est à 20°C, et que chaque bac de plaques élève la température de cet air de 20°C, le premier bac sera traversé par de l'air à 20 °C et le second bac par de l'air à 40°C. Les deux premières baies ou groupe de
20 plaques de l'armoire 1 seront donc refroidies de manière correcte; ce qui ne sera pas le cas de la troisième, parcourue par un air à 60°C.

Il n'est donc possible, avec cette disposition, de ne refroidir qu'un nombre limité de plaques.

25 Une première amélioration à cette méthode consiste à injecter, dans le circuit de refroidissement, de l'air préalablement refroidi dans un dispositif de climatisation situé en dehors du local abritant les armoires du système informatique, de manière à obtenir en haut de la pile de
30 bac un air à température raisonnable: une telle installation est représentée dans la figure 2B. Elle présente les inconvénients d'être à la fois encombrante (climatiseur 65, gaines d'amenée et d'extraction de l'air)
35 et relativement inefficace puisque pour abaisser la température de l'air au dessous du point de rosée (14°C)

sans condensation sur les plaques, il faut prévoir des installations de dessèchement.

Pour des systèmes de grande puissance, la solution la plus
5 utilisée consiste à évacuer l'énergie calorifique au niveau de chaque source, c'est-à-dire au niveau de chaque circuit intégré, par l'intermédiaire d'un liquide ou d'un dispositif caloporteur.

Il est alors nécessaire:

- 10 (1) d'assurer un très bon contact thermique entre le circuit intégré -ou la plaque portant les circuits intégrés- et ledit fluide ou dispositif caloporteur
- (2) de résoudre les difficultés résultant de la circulation d'un fluide à l'intérieur d'une armoire
- 15 comprenant des circuits électroniques, c'est-à-dire les problèmes de fuites, d'isolation électrique, de retrait de circuits ou de cartes pour la maintenance, de panne de circuits de réfrigération du fluide caloporteur, de sécurité électrique, etc.
- 20 Dans les réalisations utilisant cette méthode, le fluide caloporteur est généralement de l'eau, mais cela peut être du fréon; tandis que le dispositif caloporteur peut être une masse métallique terminée par les ailettes d'un radiateur.

25 L'invention concerne un système de refroidissement pour sources dégageant de la chaleur contenues dans une ou plusieurs armoires le dit système comprenant des moyens de mise en circulation d'air de refroidissement au travers
30 desdites sources caractérisé en ce que au moins un dispositif de refroidissement de l'air est placé dans la veine d'air de refroidissement à l'intérieur de ladite ou desdites armoires.

35 Le dispositif selon l'invention utilise un flux d'air de refroidissement pour évacuer les calories produites au

-4-

niveau de chaque circuit intégré ; l'air présente l'avantage considérable de pouvoir être mis en contact avec tous les circuits intégrés à refroidir, puisque c'est un isolant presque parfait.

- 5 Le problème de l'élévation de température de l'air d'un bac ou groupe de plaques à l'autre est résolu en refroidissant cet air au moins une fois à l'intérieur de l'armoire contenant les circuits électroniques: un échangeur de température (ou module de refroidissement)
- 10 est placé dans le flux d'air en amont de chaque groupe de cartes, de manière à faire traverser ce groupe de cartes par un air à basse température, que le groupe de cartes soit en bas ou en haut de l'armoire c'est à dire par exemple au début du flux d'air ou à la fin de ce flux.
- 15 Ceci assure une bonne homogénéité verticale de la température de l'air circulant dans l'armoire.

- D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront également dans la description suivante faite à titre
- 20 d'exemple et les dessins annexés

- La figure 1. représente un premier état de la technique qui est celui d'une plaque de machine de moyenne puissance comprenant une centaine de circuits intégrés
- 25 La figure 2 représente un deuxième état de la technique: une armoire refroidie par air
- La figure 3 représente un échangeur à eau d'un système refroidi par air selon l'invention
- La figure 4 représente un caloduc selon l'état de la
- 30 technique
- La figure 5 décrit un caloduc utilisé dans l'invention
- La figure 6 décrit une armoire comprenant des circuits électroniques selon l'invention
- La figure 7 représente une vue partielle de l'armoire de
- 35 la figure 6
- La figure 8 représente une vue du condenseur du circuit du

caloduc

La figure 9 représente une vue de l'évaporateur du caloduc muni de ses ailettes

- La figure 10 représente une variante pour la mise en
5 mouvement de l'air de refroidissement

La figure 11 représente une variante selon l'invention de la figure 6 comprenant des circuits électroniques à refroidir ainsi qu'un dispositif de refroidissement à caloduc dans le circuit de retour de l'air

- 10 La figure 12 représente une variante selon l'invention de la figure 11, dans lequel le retour d'air a lieu dans une seconde armoire

La figure 13 représente une variante de la figure 11 selon l'invention, dans laquelle le même flux d'air en circuit

- 15 fermé traverse toutes les armoires de l'unité centrale du système informatique

La figure 14 représente une variante de la figure 13 selon l'invention.

- 20 Selon une mise en oeuvre particulière de l'invention, représenté sur la figure 3A on peut réaliser une installation où le refroidissement de l'air 3 de circulation est effectué dans les armoires 1 à proximité directe d'au moins un bac 2 de circuits intégrés, par
25 l'intermédiaire d'un échangeur-refroidisseur 5 à circulation d'eau représenté sur la figure 3B. Toutefois ce mode de réalisation peut dans certains cas présenter des inconvénients:

- (1) l'homogénéité longitudinale des températures du flux
30 d'air.

La température des ailettes, donc de l'air qui circule sur ces ailettes avant de refroidir les circuits des baies, doit être relativement constante; cette température, comme indiqué sur la figure 3 représentant un tel échangeur-

- 35 refroidisseur, dépend des températures de l'eau de circulation au niveau des ailettes. Pour maintenir ces

-6-

températures dans des limites réduites, par exemple 1°C, il faut assurer un grand débit d'eau. Par exemple, pour une différence de température T1-T2 de 1°C, et une machine dissipant 10 KW, le débit doit être de 100 litres/seconde d'eau, ce qui est prohibitif.

(2) le point de rosée.

Au voisinage de 14°C il y a condensation de l'humidité de l'air circulant dans la machine. Une des solutions préconisées est l'utilisation d'un air sec, mais cela impose des appareils de déshydratation.

(3) les fuites d'eau, qui peuvent endommager les circuits électriques et mettre en cause la sécurité des utilisateurs.

(4) les dimensions considérables des échangeurs à eau placés entre les bacs, ce qui empêche de réaliser, entre les plaques de circuits situées dans des bacs différents, des connexions courtes favorables aux grandes vitesses d'échange de données entre lesdits circuits.

Afin de résoudre également ces problèmes et selon une autre réalisation plus avantageuse de l'invention, le module de refroidissement utilise un caloduc.

Un caloduc est décrit dans le brevet américain n° 2.350.348 publié le 6 Juin 1944 ou dans l'article "The Heat Pipe", pages 27-21 à 27-25 du livre "Electronic Engineers Handbooks", MAC GRAW HILL 1974, dont les auteurs sont FINK et Mc KENZIE. C'est un dispositif statique de transfert de calories à fluide frigorigène qui comprend, comme l'indiquent les figures 4A et 4B, une enceinte contenant un fluide caloporteur dans ses phases liquides et gazeuses. A l'équilibre, la température de la paroi du caloduc -en contact avec la phase liquide du fluide- est constante tant qu'il y a du liquide dans le caloduc.

Le caloduc peut être de deux types : (1) le thermo-siphon (figure 4A; en anglais: thermosyphon) où le retour du

liquide se fait par gravité, ce qui impose d'avoir l'évaporateur 57 situé en dessous du condenseur 56 ;

- (2) le caloduc capillaire (figure 4B; en anglais: heat pipe) où le retour du liquide condensé se fait par capillarité, ce qui libère des restrictions de positionnement de l'évaporateur 57 par rapport au condenseur 56.

Les caractéristiques principales d'un caloduc bien conçu sont:

- (1) une très grande conduction thermique, qui peut être mille fois supérieure à celle d'un barreau de cuivre de section équivalente;

- (2) une surface isothermique de basse impédance thermique. L'application de ce dispositif caloporteur à l'évacuation des calories en dehors d'une plaque, grâce à un caloduc intégré à la plaque portant des circuits électroniques d'avion, est décrite dans le brevet américain 4.366.526, publié le 28 Décembre 1982.

- Cette solution est toutefois particulièrement difficile et coûteuse à mettre en oeuvre ; de plus, bien qu'elle aide à extraire la chaleur hors des circuits vers la plaque, elle ne résoud pas le problème de transport de cette chaleur en dehors d'une armoire qui contiendrait plusieurs de ces plaques.

- Selon l'autre réalisation plus avantageuse de l'invention, le module de refroidissement utilise un caloduc dont la paroi (évaporateur) en contact avec la phase liquide du fluide caloporteur est munie d'ailettes placées transversalement dans le flux d'air à refroidir. La température de ces ailettes est donc constante sur toute la longueur du caloduc c'est à dire du dispositif de refroidissement, et l'air à la sortie de ce dispositif aura une température constante.

- Outre le maintien de l'échangeur à température constante, les autres avantages dus à l'utilisation d'un caloduc

-8-

sont:

- (1) l'utilisation d'une plus basse température pour l'eau entrant dans l'échangeur caloduc/eau (par exemple, température d'entrée : 4°C et température de sortie 9 à 10°C puisque, l'eau étant à température inférieure au point de rosée et n'étant plus en contact direct avec les ailettes du radiateur refroidissant l'air, il n'y a plus de phénomènes de condensation à craindre à l'intérieur de l'armoire 1. D'autant plus que les circuits d'eau froide peuvent être isolés thermiquement de l'air ambiant pour éviter la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.

Cela permet un débit d'eau très faible, puisqu'ici la différence de température T1-T2 de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'échangeur caloduc/eau peut être de 5 à 20°C au lieu de 1°C.

La contrainte du point de rosée (température de l'air supérieure à 14°C) impose de choisir un CALODUC dont la phase liquide (évaporateur) est à cette température, par exemple un caloduc à fréon liquide. Ce qui présente les avantages suivants :

- 1 - une fuite de fréon est moins dangereuse pour les circuits qu'une fuite massive d'eau.
- 2 - la taille réduite du radiateur puisque le caloduc assure, malgré des dimensions modérées, une très bonne extraction des calories au niveau des ailettes.

Enfin, selon une autre réalisation encore plus avantageuse, le dispositif selon l'invention utilise un flux d'air circulant en circuit fermé; cela permet:

- (1) de n'utiliser qu'un dispositif de déshydratation de taille réduite, puisque la quantité d'air à déshydrater est pratiquement constante, alors que dans l'art antérieur, il était nécessaire de déshydrater un air perpétuellement renouvelé;
- (2) de ne filtrer qu'une quantité d'air réduite, puisque

le seul air à filtrer est celui de remplacement de l'air perdu par fuite hors de l'armoire 1, contre les aérosols, les poussières, les solvants, etc...

5 (3) d'utiliser le flux d'air dans son trajet de retour au bac d'origine.

La figure 5, qui est une représentation schématique du deuxième mode de réalisation de l'invention, montre une armoire informatique 1 contenant des circuits électroniques dégageant de la chaleur et assemblés en un
10 bac (ou groupes de plaques) 2. Ces circuits électroniques sont placés dans un flux d'air froid mis en mouvement grâce au ventilateur 4.

Selon l'invention, le flux d'air 3 est refroidi grâce à un évaporateur 5 situé dans le flux d'air en amont du bac 2.

15 L'évaporateur 5 est constitué d'une série d'ailettes 54 en bon contact thermique avec l'extrémité 57 d'un caloduc 51 contenant un fluide caloporteur 55 dans sa phase liquide. En passant sur les ailettes 54, qui sont à la température de la phase liquide du fluide caloporteur 55 contenu dans
20 le caloduc 51, le flux d'air 3 est refroidi. C'est ce même flux d'air 3 qui va ensuite refroidir les circuits du bac 2.

L'autre extrémité 56 du caloduc 51, c'est à dire celle en contact avec la phase vapeur du fluide caloporteur 55, est
25 refroidie dans un condenseur 6 à circulation d'eau: cette dernière entre dans le condenseur 6 par une entrée 61 à température T1 et ressortira du condenseur 6 par une sortie 62 à une température T2 supérieure à T1.

Dans une réalisation pratique, une extrémité 56 du caloduc
30 est légèrement en pente et située au dessus de l'autre extrémité 57 si ce caloduc est du type thermo-siphon ; de plus le caloduc est scindé en deux entre le condenseur 6 et l'évaporateur 5 : une première section 52 assure le transport du fluide caloporteur 55 sous forme liquide, tandis qu'une seconde section 53 assure le transport du
35 fluide 55 sous sa forme gazeuse.

-10-

Dans la réalisation du dispositif selon l'invention représenté à la figure 6, l'armoire 1 contient trois bacs 2.1, 2.2, 2.3 mais ce nombre de trois n'est donné qu'à titre indicatif. Tous les bacs de l'armoire 1 sont
5 traversés par le même flux d'air 3, mis en mouvement par des moyens de ventilation 4 qui peuvent être placés indifféremment en haut ou en bas de l'armoire, ou même répartis (voir figure 10) à l'intérieur de cette armoire.

En amont de chaque bac électronique, ou de chaque ensemble
10 de plusieurs bacs électroniques, le flux d'air 3 est refroidi grâce à un évaporateur 5. C'est ainsi que le flux d'origine 3.0 traverse le premier évaporateur 5.1; le flux refroidi 3.11 (par contact avec les ailettes 54 à la température du liquide PL) va refroidir le premier bac
15 2.1. contenant des circuits électroniques ou des groupes de circuits électroniques ; que le flux d'air 3.12 réchauffé sortant de ce bac 2.1 est alors refroidi dans le deuxième évaporateur 5.2, grâce au contact avec les ailettes 54 à la température du liquide. Le flux résultant
20 3.21 va refroidir le deuxième bac 2.2. ; le flux 3.22 de sortie de ce bac 2.2. va se refroidir sur un troisième évaporateur 5.3; le flux d'air 3.31 d'entrée puis 3.32 de sortie du bac 2.3 mis en mouvement par le ventilateur 4, redescend sur les côtés de l'armoire grâce aux conduits de
25 retour (8.1 et 8.2) du flux d'air de refroidissement, pour être réinjecté dans le conduit principal 8.0 d'air de refroidissement de l'armoire. Un dispositif de contrôle 7 muni éventuellement de capteurs (de débit d'air ou d'eau, de température) permet de réguler (en agissant par exemple
30 sur les débits d'eau ou d'air et éventuellement de température d'une ou des parois 57 du caloduc en utilisant un caloduc à tampon de gaz: en anglais, gas-buffered heat pipe) le système de refroidissement et de contrôler sa bonne marche.

35 D'après une caractéristique originale de l'invention, les évaporateurs 5 comprennent chacun un caloduc 51 réuni

-11-

chacun par un conduit de phase gazeuse 52, et par un conduit de phase liquide 53 à un condenseur 6: sur chaque caloduc 51 sont soudées des ailettes de refroidissement 54.

- 5 Comme indiqué sur la figure 7, le condenseur 6 muni de ses conduits d'arrivée d'eau 61 et de sortie d'eau 62 peut être soit à l'intérieur de l'armoire 1, soit à proximité immédiate de cette armoire sans en faire partie et un seul dispositif de contrôle 7 (muni par exemple de
- 10 dispositifs de contrôle du débit d'eau grâce à l'électro-vanne 71, et de capteurs de température tels que 72 à 75) par armoire 1, est prévu pour l'ensemble des condenseurs 6 associés à chaque évaporateur ou groupe d'évaporateurs reliés entre eux dans un même plan
- 15 horizontal (voir figure 9D).

La figure 8 représente un exemple de réalisation pratique du condenseur 6. La figure 8a représente une coupe longitudinale partielle de ce condenseur 61, et montre l'enveloppe extérieure 65 de ce condenseur munie: de

20 l'orifice 64 de sortie fluide caloporteur 55 par l'intermédiaire du conduit commun 53B, et l'orifice d'entrée 63 du fluide caloporteur 55 transitant par l'évaporateur 5 grâce au conduit 52B. Ce condenseur 6 est muni à l'intérieur de tubes d'échange calorifique 66

25 permettant au fluide caloporteur 55 d'être refroidi grâce à l'eau amenée par le conduit 61 à l'intérieur de l'enceinte 65 et qui y circule grâce aux tubes 66 avant de sortir de l'enceinte 65 par le conduit 62.

La figure 8b représente une coupe selon F de la figure 8a, et décrit deux réalisations pratiques du condenseur 6 : la

30 première, dans la moitié supérieure de la figure comprend sept tubes 66, et la seconde dans la moitié inférieure de la figure comprend dix-neuf tubes 66.

La figure 9 représente une réalisation pratique de

35 l'évaporateur 5. La figure 9a représente une vue longitudinale de cet évaporateur contenant l'extrémité 57

-c'est-à-dire en phase liquide- du caloduc 51. Dans la réalisation décrite dans les figures 9a, 9b et 9c, cette extrémité 57 du caloduc 51 comprend deux branches 576 et 577 en forme de "U" assemblées à chaque extrémité sur des conduits haut et bas 574 et 575, chaque conduit étant lui-même réuni respectivement par les tuyaux 572 et 573 aux conduits 52 et 53 véhiculant le fluide 55 caloporteur respectivement sous forme vapeur et sous forme liquide. Une partie de ces conduits en forme de "U" (576, 577) est munie d'ailettes 54 sur lesquelles va circuler le flux d'air à refroidir. La figure 9b, qui est une coupe horizontale partielle selon A-A du dispositif illustré à la figure 9a, montre la disposition de ces ailettes -réalisées en tôle soudée et pliée- réunies aux branches 576 et 577 du caloduc à l'intérieur de l'évaporateur 5; ces ailettes 54 nombreuses, placées par exemple parallèlement à la direction de propagation de l'air, assurent un échange de chaleur efficace entre le flux d'air 3 à refroidir et le caloduc 51. La figure 9c représente une vue de face d'une ailette de refroidissement comportant les orifices de passage des canalisations 576, 577.

La figure 10A représente une variante du dispositif selon l'invention dans laquelle les moyens 4 de mise en mouvement de l'air sont décentralisés au niveau de chaque module de refroidissement.

Pour cela, un ventilateur plat 4 est accolé à chaque évaporateur 5 ; cela permet de générer dans la veine 8.0 principale un flux d'air 3 plus rapide, c'est-à-dire un débit d'air plus élevé et un refroidissement plus énergique que lorsque l'on n'utilise qu'un seul ventilateur 4. La figure 10.b montre un évaporateur et un ventilateur assemblés dans un même module à l'intérieur du conduit principal 8.0 ; dans cet assemblage, chaque évaporateur 5.1, 5.2 est associé à un ventilateur plat

4.1., 4.2 afin de mettre en mouvement la veine d'air 3 qui ira refroidir successivement les baies 2.1 et 2.2. La figure 11 montre une variante particulièrement intéressante du dispositif selon l'invention.

- 5 Dans cette variante, où l'on retrouve le flux d'air principal dans le conduit 8.0 et les flux d'air de retour dans les conduits de retour 8.1 et 8.2 (voir la figure 6), le flux d'air de retour est utilisé pour refroidir des circuits supplémentaires.
- 10 Pour cela, non seulement ces circuits sont placés dans la veine de retour, mais les évaporateurs 5 sont allongés de manière à refroidir le flux d'air de retour.

- Dans une autre variante du dispositif selon l'invention, ainsi que représenté sur la figure 12, le circuit du retour du flux d'air 3 traversant l'armoire 101 peut être assuré au travers d'une deuxième armoire 102, grâce à des conduits 112 et 121 amenant l'air respectivement de l'armoire 101 à l'armoire 102 et de l'armoire 102 à l'armoire 101.

- 20 En étendant le principe de base de la figure 12 à une unité centrale à refroidir comportant quatre unités, il est possible de faire circuler le flux d'air 3 à travers les quatre unités en circuit fermé: le flux passera
- 25 successivement de l'armoire 101 à l'armoire 102, puis de l'armoire 102 à l'armoire 103, puis de l'armoire 103 à l'armoire 104, et enfin de l'armoire 104 à l'armoire 101 de départ grâce aux conduits 112, 123, 134 et 141 (voir figure 13a) et cette configuration peut être appliquée à
- 30 toutes les machines comprenant un nombre pair d'armoires. Pour les machines comportant un nombre impair d'armoires, il est toujours possible d'associer un nombre pair d'armoires faibles génératrices de chaleur à une armoire grande génératrice de chaleur: par exemple deux armoires
- 35 contenant des mémoires MOS dynamiques à une armoire contenant une mémoire centrale ou une unité arithmétique

-14-

rapide réalisée avec des composants du type ECL.

La figure 13b montre un tel exemple de réalisation, où l'armoire 101 est parcourue par l'ensemble des flux d'air provenant des armoires 102, 103, 104 et 105, grâce aux
5 conduits centrifuges 112, 113, 114, 115 et aux conduits centripètes 121, 131, 141 et 151.

Le principe de l'utilisation d'un flux d'air en circuit fermé pour une partie ou la totalité des armoires d'un
10 système informatique (principe dont les figures 12 et 13 représentent des exemples non-limitatifs) est particulièrement intéressant, car il permet de partager entre plusieurs unités un dispositif épurateur-déhydrateur d'air obligatoirement volumineux. En reprenant l'exemple
15 de la figure 13, ce dispositif sera placé dans l'unité centrale 101 et sera alors partagé entre les 5 armoires composant la machine.

Une telle disposition est représentée dans la figure 14: le bloc 65 de la figure 14b comprend, ainsi que représenté
20 dans la figure 14a, un ensemble formé de 2 évaporateurs 5.8 et 5.9. destinés à abaisser la température du flux d'air 3 traversant l'organe 65; un dessécheur 66 d'air est placé entre les 2 évaporateurs 5.8 et 5.9.

25 Dans une réalisation caractéristique où la puissance à transférer est de 4 KW par armoire et la température maximale de l'air de refroidissement est de 40°C, la pratique a montré qu'en se basant sur un débit d'air de 2500 M3 par heure (c'est-à-dire avec une vitesse dans les
30 conduits de 5 M/S), il était possible de refroidir l'armoire avec un débit de 700 Litres/heures seulement d'eau à 4°C, grâce à l'utilisation d'un caloduc à fréon.

Revendications de brevet :

1. Système de refroidissement pour sources (2) dégageant de la chaleur contenues dans une ou plusieurs armoires
5 (1), notamment des circuits électroniques, ledit système comprenant des moyens (4) de mise en circulation d'air (3) de refroidissement au travers desdites sources caractérisé en ce que
au moins un dispositif de refroidissement (5) de l'air est
10 placé dans la veine d'air (8) de refroidissement à l'intérieur de ladite ou desdites armoires.
2. Système selon la revendication 1 caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement (5) comprend une partie
15 (57) d'un caloduc (51).
3. Système selon la revendication 2 caractérisé en ce qu'une extrémité (condenseur, 56) du caloduc est refroidie dans un échangeur (condenseur, 6) à circulation d'eau
20 tandis que l'autre extrémité (évaporateur, 57) est réchauffée dans ledit dispositif (5).
4. Système selon l'une des revendications 2 ou 3 caractérisé en ce que l'extrémité chaude (évaporateur, 57)
25 du caloduc est munie d'ailettes (échangeur, 54).
5. Système selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs dispositifs de refroidissement (modules de refroidissement) placés en série dans la veine
30 d'air.
6. Système selon la revendication 5 caractérisé en ce que chaque dispositif de refroidissement (5) comprend une pluralité de caloducs (576, 577) réunis chacun à un conduit
35 commun d'arrivée (574) et de départ (575) du fluide caloporteur.
7. Système selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'air circule en circuit fermé à l'intérieur de ladite ou

des dites armoires.

8. Système selon la revendication 7 caractérisé en ce que le circuit d'air est rebouclé sur lui-même à l'intérieur de l'armoire (1).

9 . Système selon la revendication 7 caractérisé en ce que des sources à refroidir sont placées dans le flux de retour de l'air du circuit fermé.

10

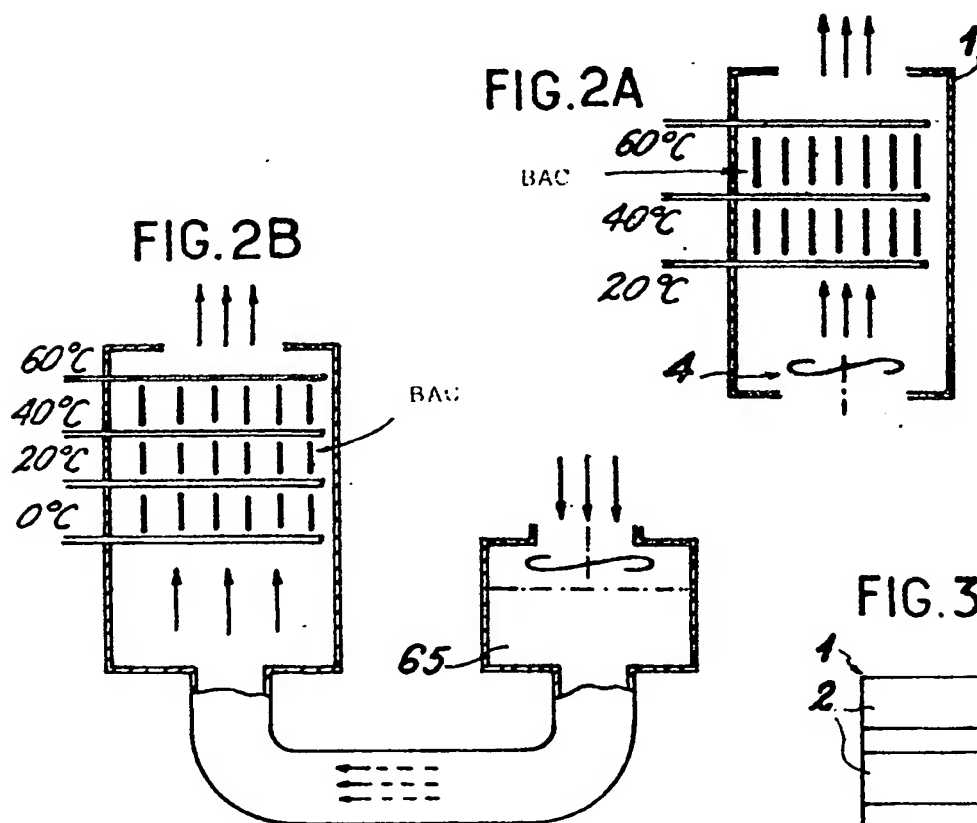
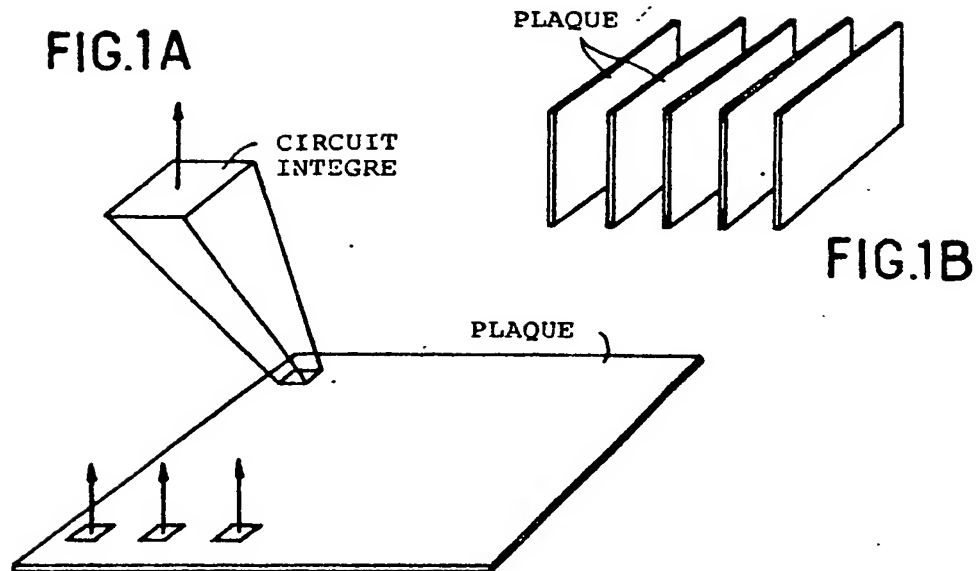
10. Système selon la revendication 9 caractérisé en ce que des dispositifs de refroidissement à caloduc sont placés dans le circuit de retour du flux d'air.

15 11. Système selon la revendication 7 caractérisé en ce que le flux de retour de l'air traversant une première armoire (101) circule dans une seconde armoire (102) comprenant elle aussi un circuit de refroidissement de veine d'air.

20 12. Système selon la revendication 10 caractérisé en ce que toutes les armoires de l'unité centrale du système informatique sont refroidies par le même flux d'air circulant en circuit fermé.

25 13. Système selon la revendication 11 caractérisé en ce que le flux d'air est purifié dans un ensemble (65) unique pour toute l'installation et qui comprend au moins un dispositif de dessèchement (66) placé entre deux dispositifs 5.8 et 5.9).

1,9



2,9

FIG.3B

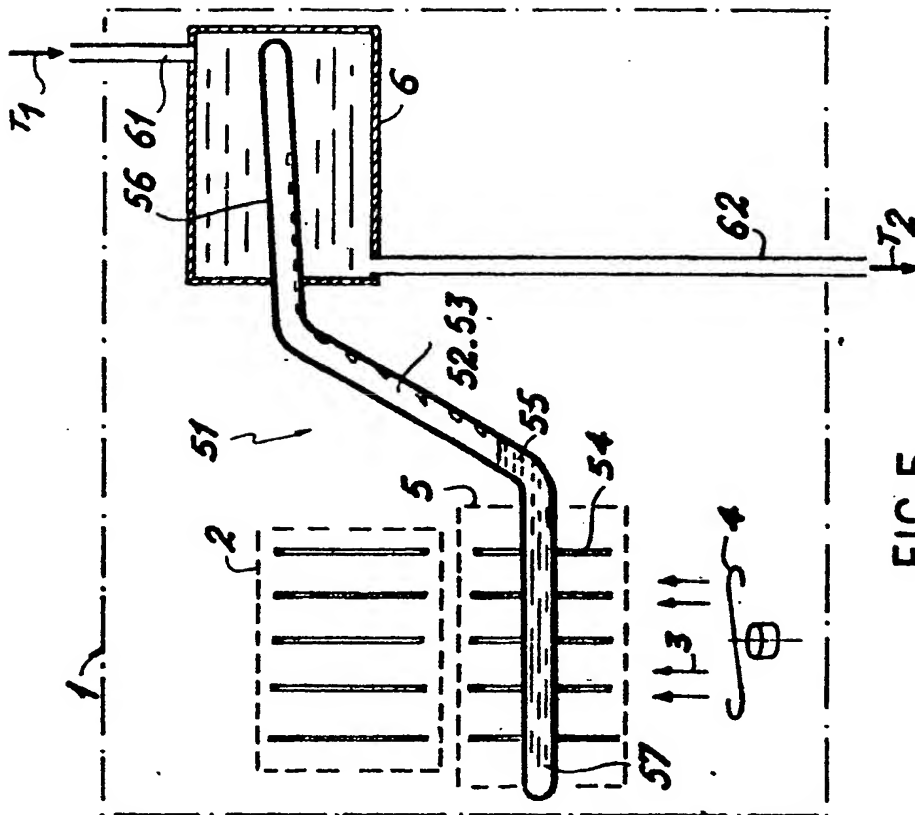
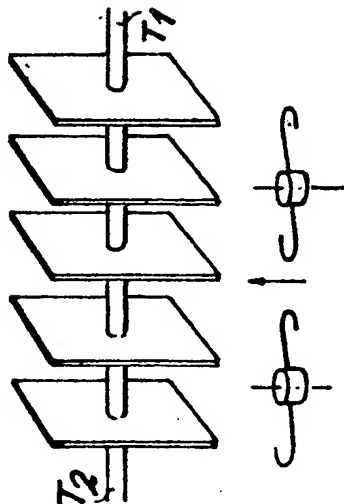


FIG.5

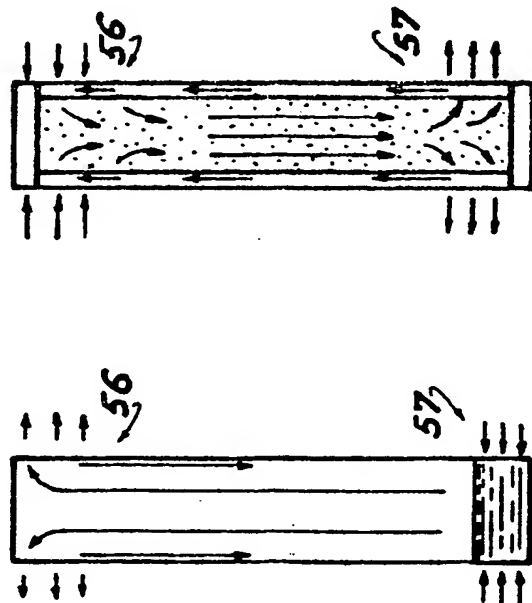
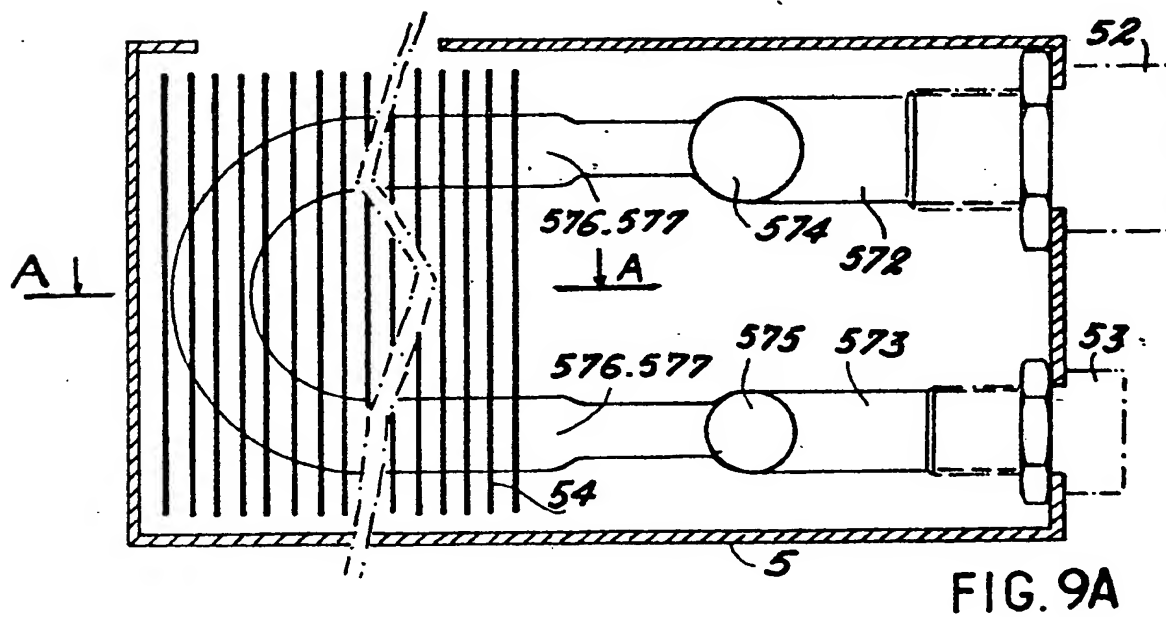
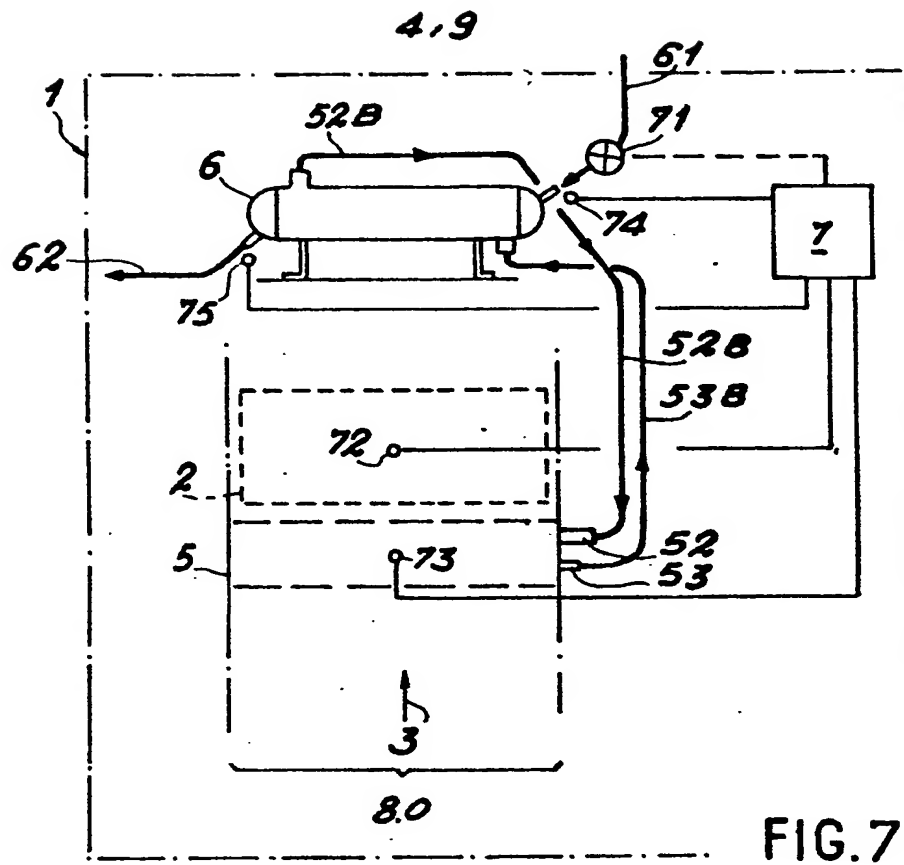
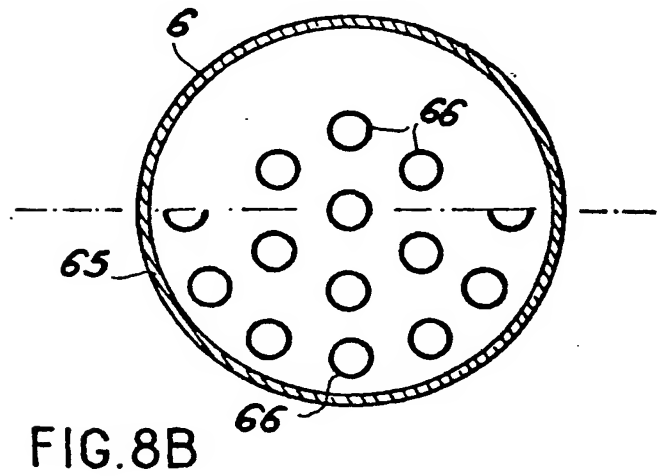
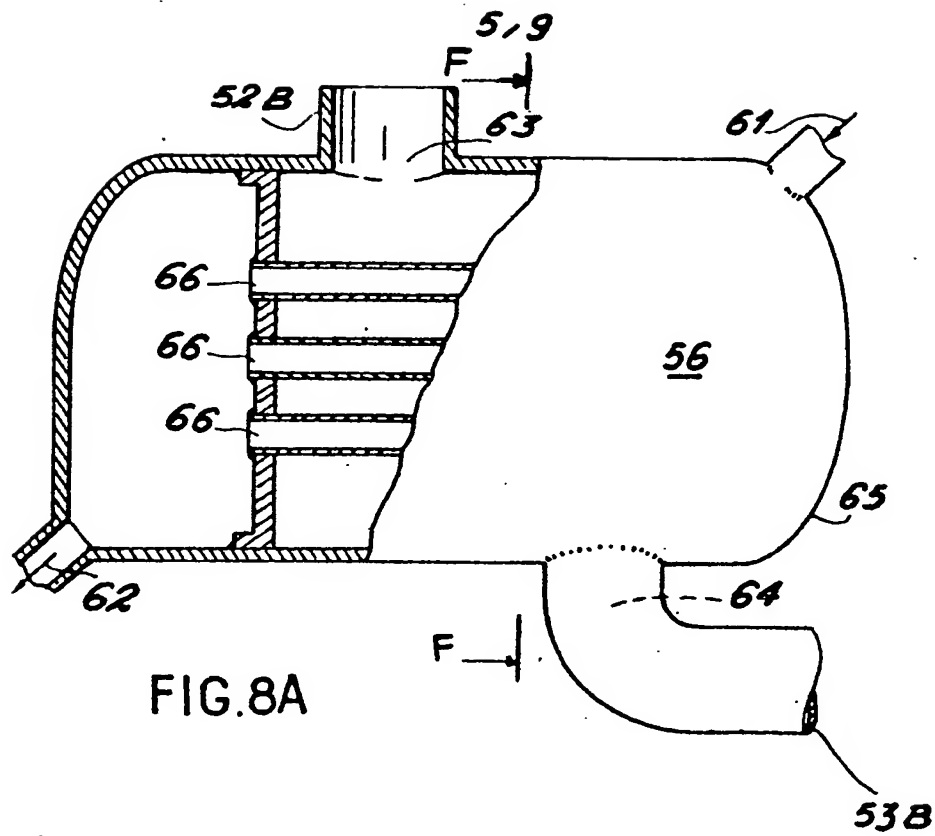


FIG.4A

FIG.4B





6.9

FIG. 9B

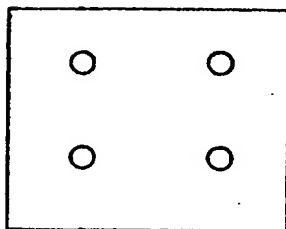
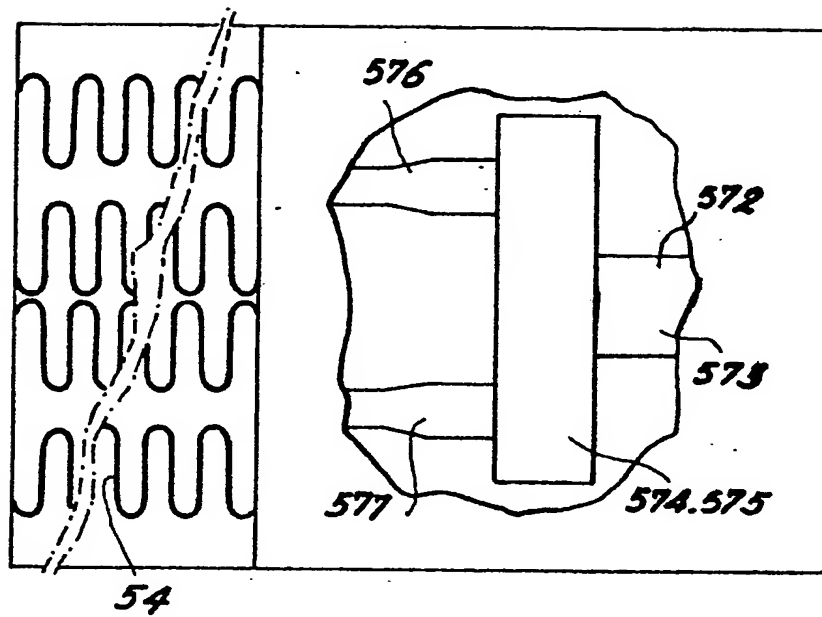


FIG. 9C

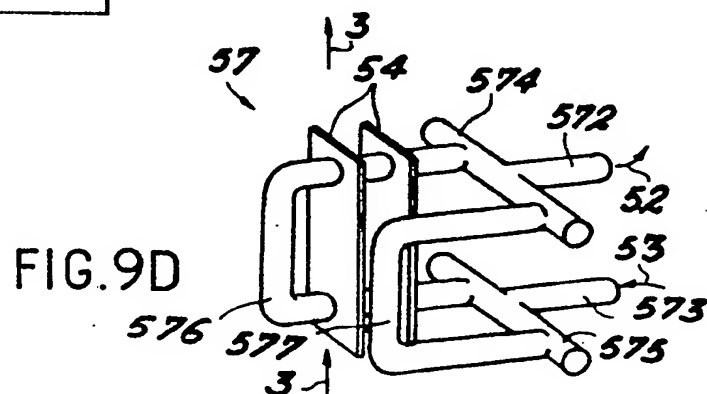


FIG. 9D

7,9

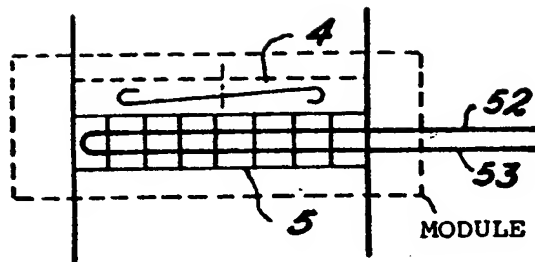


FIG. 10

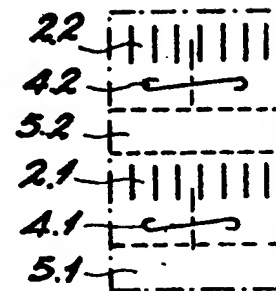


FIG. 10A

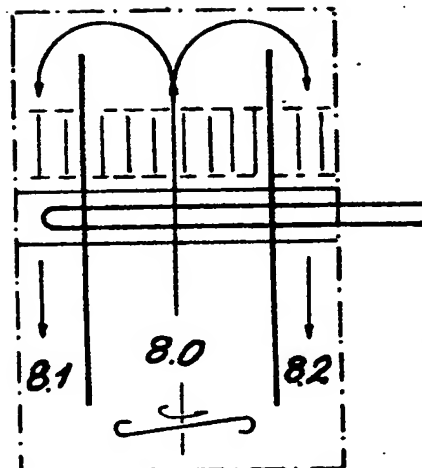


FIG. 11

8,9

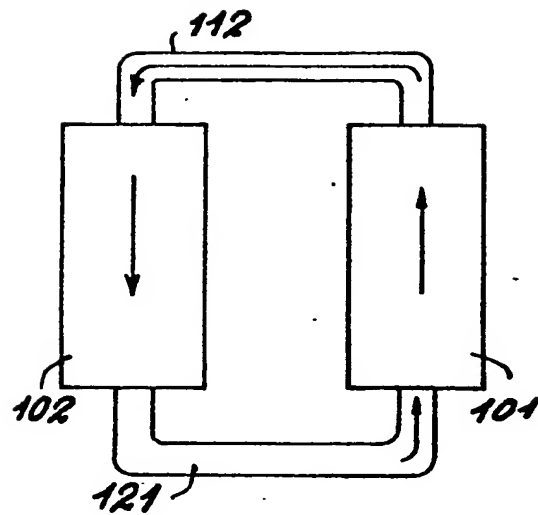


FIG. 12

FIG. 13A

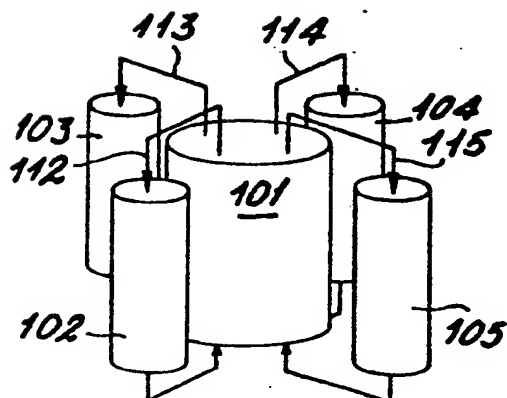
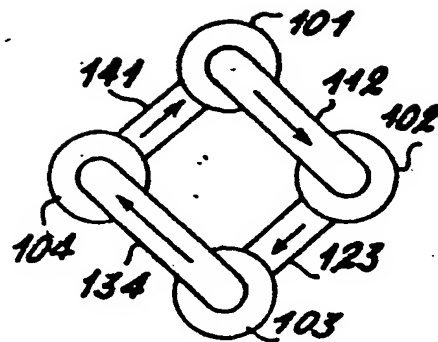


FIG. 13B

9,9

FIG.14 A

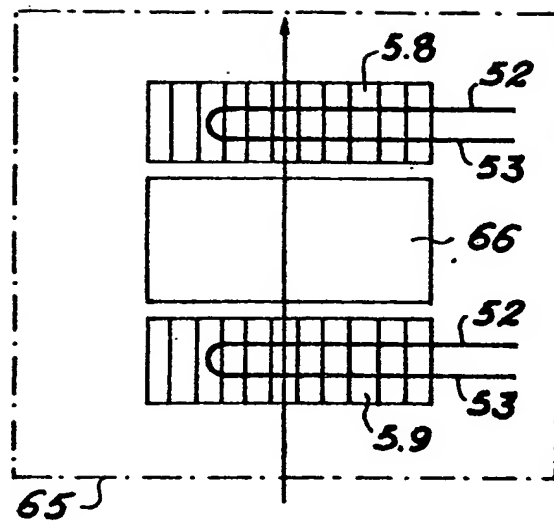
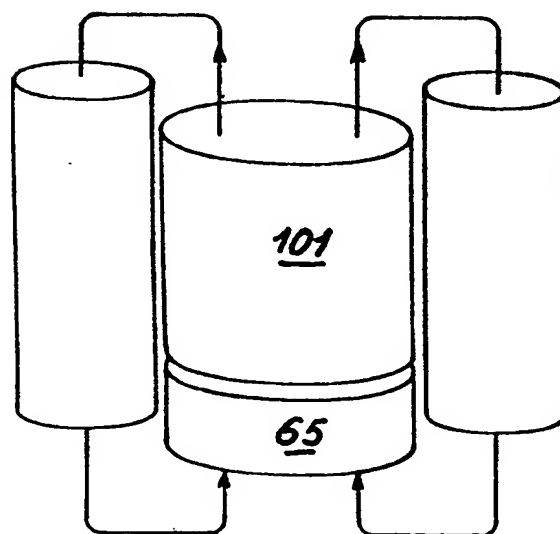


FIG.14B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

HIS PAGE BLANK (USPTO)